

Provence - Régime S.A.
Z.I. La Verrerie. BP 99
30130 Pont Saint Esprit



DECORTICAGE DU SESAME



Action soutenue par le Conseil Régional (PRAT - suivi TRIAL)

CRUZ Jean-François
CIRAD/CA (CALIM)
Technologie N°98/E1
Août 1998

DECORTICAGE DU SESAME

Etude Bibliographique

Convention 657014 pour

**Provence - Régime S.A.
Z.I. La Verrerie. BP 99
30130 Pont Saint Esprit**

CRUZ Jean-François
CIRAD/CA(CALIM)
Technologie

SOMMAIRE

	Pages
I) INTRODUCTION	1
II) PRODUCTION ET COMMERCIALISATION	1
III) COMPOSITION BIOCHIMIQUE	3
IV) UTILISATION	4
V) TRANSFORMATION	5
5.1. Décorticage traditionnel au pilon	5
5.2. Décorticage par trempage	5
5.3. Décorticage par friction et/ou abrasion	6
5.4. Décorticage par attrition avec injection d'eau et de vapeur d'eau	10
VI) DEVELOPPEMENT	11
Références bibliographiques	12
Annexes	13
Annexe n° 1: Principaux pays producteurs de sésame	
Annexe n° 2: Exportations et importations mondiales de sésame	
Annexe n° 3: Essais préliminaires CIRAD-TRIAL	

DECORTICAGE DU SESAME

I) INTRODUCTION

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante oléifère, de la famille des Pédaliacées, cultivée dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique ou d'Amérique latine. Longtemps considéré comme originaire d'Asie (Inde ou Indonésie), on lui reconnaît aujourd'hui une origine africaine (Soudan).

Le sésame est une plante annuelle d'environ 1 m de haut dont les fleurs blanches ou légèrement rosées donnent des fruits secs pluriséminés appelés « capsules » (fig. n°1). Les capsules sont constituées de 4 loges qui éclatent à maturité (déhiscence) pour libérer chacune de soixante à cent petites graines. Le poids de 1000 grains varie de 2 à 4 g. Les graines, ovalaires et aplaties, sont de couleur blanche, crème, brun clair, brun foncé ou noire.

II) PRODUCTION ET COMMERCIALISATION

En 1997, d'après la FAO, la production mondiale avoisinait 2,7 MT avec pour principaux pays producteurs : l'INDE (600 000 T), la CHINE (570 000 T), MYANMAR (344 000 T) et le SOUDAN (339 000 T). La liste des différents pays producteurs est donnée en annexe n°1. On note qu'au cours des 20 dernières années, la Chine et Myanmar ont plus que doublé leur production alors que celle du Mexique et du Venezuela a passablement chuté.

Les rendements en culture, très inégaux selon les variétés et le niveau d'intrants utilisés, varient de 270 kg/ha en moyenne en Afrique à plus de 700 kg/ha en Chine ou en Amérique du Sud (près de 1200 kg/ha au Venezuela). La moyenne mondiale se situe à 380 kg/ha; ce qui reste faible par rapport aux autres oléagineux annuels tels que le tournesol (1250 kg/ha), le colza (1450 kg/ha) ou le soja (2150 kg/ha).

En raison des faibles rendements obtenus en culture et des difficultés de récolte (non mécanisée), le sésame est surtout utilisé dans les zones de production. Le commerce mondial du sésame, essentiellement sous forme de graines, concerne environ 25 % de la production mondiale; ce qui témoigne bien de l'importance de l'autoconsommation dans les pays producteurs (1). Le Soudan, la Chine et l'Inde sont les principaux pays exportateurs. (voir annexe n°2).

Le sésame, riche en huile et en protéines, est aujourd'hui très prisé dans les pays industrialisés. Le Japon, le Moyen Orient et l'Europe (Grèce, Allemagne, Hollande,...) restent les principaux marchés d'importation devant la Corée du Sud et les USA. On distingue deux types de produits commercialisés: - *Nature* (graines non décortiquées) et *décortiquées* (graines blanchies). Les critères de qualité exigée portent sur la couleur, le goût (amertume), la taille, la teneur en huile et l'absence de matières étrangères, de moisissures et de résidus de pesticides. Aujourd'hui, le sésame africain est souvent préféré au sésame indien en raison de la faible utilisation d'intrants (pesticides notamment).

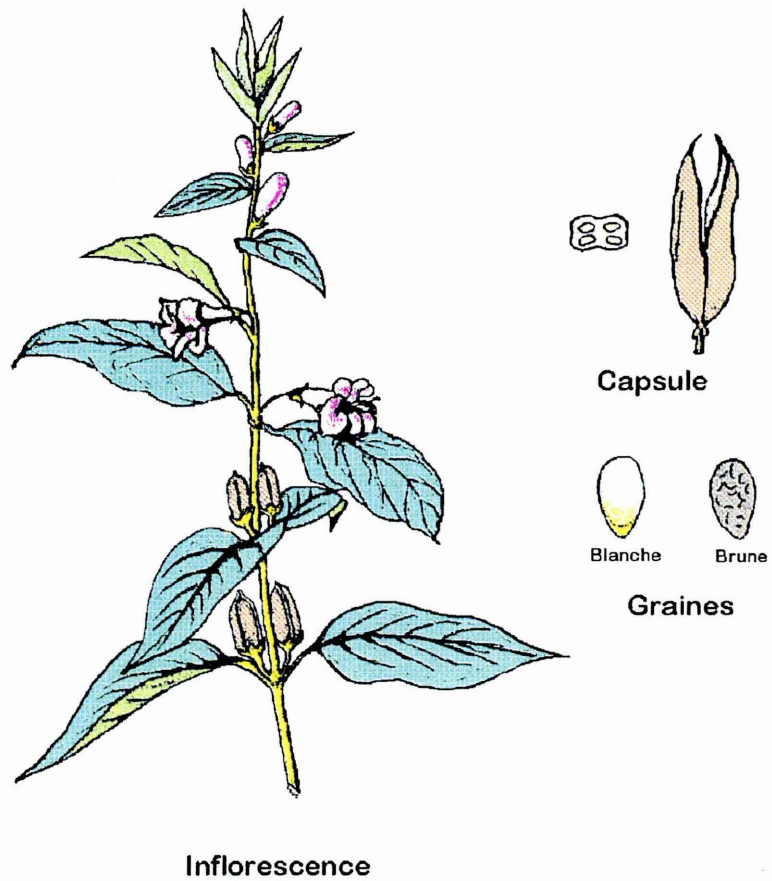


Fig n° 1: Sésame (*Sesamum indicum* L.)

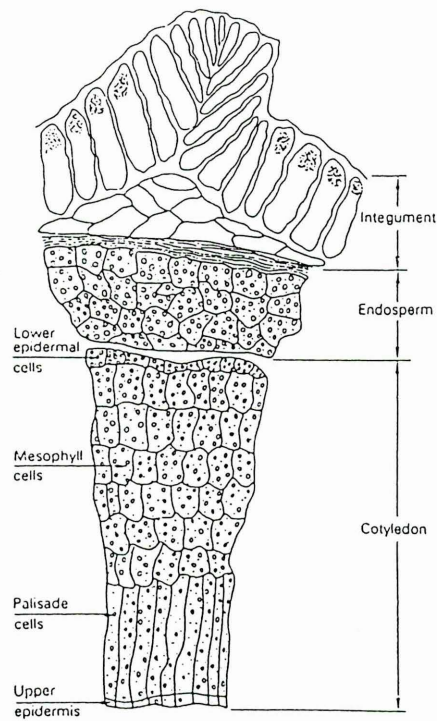


Fig n° 2: Coupe partielle d'une graine de sésame (2)

III) COMPOSITION BIOCHIMIQUE

La composition moyenne du sésame est donnée dans le tableau suivant:

Constituants	
Lipides	50 %
Glucides	20 %
Protides	20 %
Cendres	5 %
Eau	5 %
Vitamines	ε

Lipides: le Sésame est un produit hautement énergétique contenant environ 50 % d'huile. Cette concentration semble varier selon les espèces et le type de graines et des analyses ont montré que les graines blanches au tégument plus fin peuvent contenir jusqu'à 55 % d'huile alors que cette concentration est inférieure à 50% pour les graines noires au tégument plus épais (3).

Type de graines	blanche	brune	noire
Concentration en huile	55,0 %	54,2 %	47,8 %
Tégument	6,2 %	8,0 %	14,4 %

L'huile de sésame, comme de nombreuses autres huiles végétales, est surtout constituée d'acides gras insaturés et contient moins de 20% d'acides gras saturés. Les teneurs voisines de 40% en acide gras monoinsaturé (acide oléique C18:1) et en acide gras polyinsaturé (acide linoléique C18:2) en font une huile très équilibrée.

Comparaison des teneurs moyennes en acides gras de différentes huiles végétales

Huiles	Colza	Tournesol	Sésame	Arachide	Palme	Coprah
A.G. saturés	8 %	11 %	16 %	19 %	48 %	89 %
A.G. monoinsaturés	64 %	24 %	42 %	46 %	40 %	8 %
A.G. polyinsaturés	27 %	64 %	41 %	34 %	11 %	2 %

Nota: la différence à 100% est constituée d'insaponifiables (notamment *sesamine* et *sesamoline* chez le sésame).

Protides: la haute teneur en protéines du sésame a, depuis longtemps, permis de valoriser les tourteaux en alimentation animale. Le sésame est riche en certains acides aminés tels que : méthionine, cystine, arginine et leucine mais reste assez pauvre en lysine. Il est donc souvent utilisé en complément au tourteau de soja riche en lysine.

Glucides: l'essentiel des composés glucidiques du sésame serait constitué de fibres. Les sucres simples et l'amidon étant présents en plus faibles quantités.

Matières minérales: la graine de sésame est riche en constituants minéraux tels que le calcium et le fer. Elle contient également du phosphore, du potassium du magnésium et du zinc.

Vitamines: le sésame contient des vitamines du groupe B (niacine (B3) et thiamine (B1)), essentiellement présentes dans les téguments car elles sont absentes des graines décortiquées. La présence de vitamine E dans l'huile de sésame, principalement sous la forme de γ -tocopherol (4), lui conférerait une grande stabilité à l'oxydation.

IV) UTILISATION

Les graines de sésame après un grillage léger peuvent être consommées directement ou être utilisées en boulangerie, pâtisserie ou en restauration. Le beurre de sésame ou «tahini» est très utilisé au Moyen Orient où, mélangé à du sucre et du miel, il sert également à préparer des confiseries appelées «halvah» ou «Halawa tehina» (5). En Chine, on apprécie particulièrement les produits du sésame élaborés à base de graines noires torréfiées («roastées»). Au Japon, on le consomme aussi en «tofu». Le «Goma-dofu» ou tofu de sésame est élaboré à partir de beurre de sésame et de fécule de Canna (arrow-root).

La plus ancienne utilisation du sésame reste cependant la production d'huile notamment comme huile de qualité supérieure au goût « noisette »(6). Après extraction à froid, cette huile, utilisée pour les salades ou la cuisine est d'une remarquable stabilité à l'oxydation en comparaison aux autres huiles végétales.

Cette qualité serait due à la présence de composés de la famille des furofuranes comme la sesamine et la sesamoline ou de sesamol libéré par hydrogénation de la sesamoline (7). Certains considèrent cependant que l'action antioxydante est essentiellement due à la présence de tocopherol (vitamine E) (8). D'autres parlent de nouveaux composés appelés « sesamolinol » et « sesaminol » (9) dérivés de la sesamoline dans l'huile raffinée (10). Enfin, l'huile extraite des graines entières serait beaucoup plus stable que celle provenant de graines décortiquées grâce à la présence, dans les enveloppes, de composés antioxydants encore mal identifiés comme des composés phénoliques (11).

L'extraction à chaud ou par solvant donne une huile industrielle utilisée en margarinerie ou savonnerie.

Les tourteaux résiduels, riches en protéines sont généralement utilisés en alimentation du bétail mais également en alimentation humaine (12). Pour la consommation humaine, le décortilage des graines est nécessaire car les enveloppes contiennent de l'acide oxalique (2-3%) indésirable et des fibres qui réduisent la digestibilité des protéines et altère l'aspect du produit en lui donnant une couleur sombre (13). Le décortilage des graines réduit l'amertume et accroît le rendement en huile (3).

Composition moyenne des graines décortiquées et de la farine obtenue après extraction de l'huile à l'hexane (12).

Constituants	graines décortiquées	farine
Lipides	55 %	0,5 %
Glucides	12 %	17,5 %
Protides	24 %	70 %
Cendres	3 %	6 %
Eau	5 %	6 %

Enfin l'huile de sésame est très utilisée en cosmétique, comme actif ou support, pour le traitement du tissu cutané.

V) TRANSFORMATION

Les procédés mécaniques par pressage sont les méthodes les plus couramment utilisés pour extraire l'huile des graines (14). On utilisait autrefois des presses discontinues qui, ont été progressivement abandonnées en raison de leur faible rendement d'extraction et ne sont plus guère utilisées que dans certains pays en développement. L'extraction d'huile est aujourd'hui réalisée à l'aide de presses à vis continues ou « expellers » (15).

L'un des principaux problèmes de transformation du sésame reste le décortiquage qui a pour objet d'éliminer les couches périphériques du grain.

5.1. Décortiquage traditionnel au pilon

En Afrique, le décortiquage est réalisé par la méthode traditionnelle du pilonnage. A titre d'exemple, la préparation du sésame dans le sud-ouest du Burkina-Faso suit les étapes suivantes:

- 1 - Lavage-trempage de courte durée pour ramollir les enveloppes puis égouttage rapide
- 2 - Décortiquage au pilon
- 3 - Exposition du produit au soleil pour réaliser un séchage partiel
- 4 - Friction manuelle des graines encore humides contre un tamis pour détacher les enveloppes
- 5 - Lavage pour favoriser l'élimination des enveloppes puis égouttage (panier ou tissu)
- 6 - Séchage au soleil
- 7 - Vannage
- 8 - Conservation plusieurs mois à l'abri de l'air et de la lumière dans des seaux plastique
- 9 - Mise en oeuvre: confiserie avec caramel, sauces,...

5.2. Décortiquage par trempage

Dans de nombreux pays (Egypte, Mexique,...) les techniques traditionnelles de décortiquage consistent à tremper les grains dans l'eau durant plusieurs heures ou dans une solution de soude (NaOH) puis à immerger ensuite les grains dans une solution saline pour décoller les enveloppes.

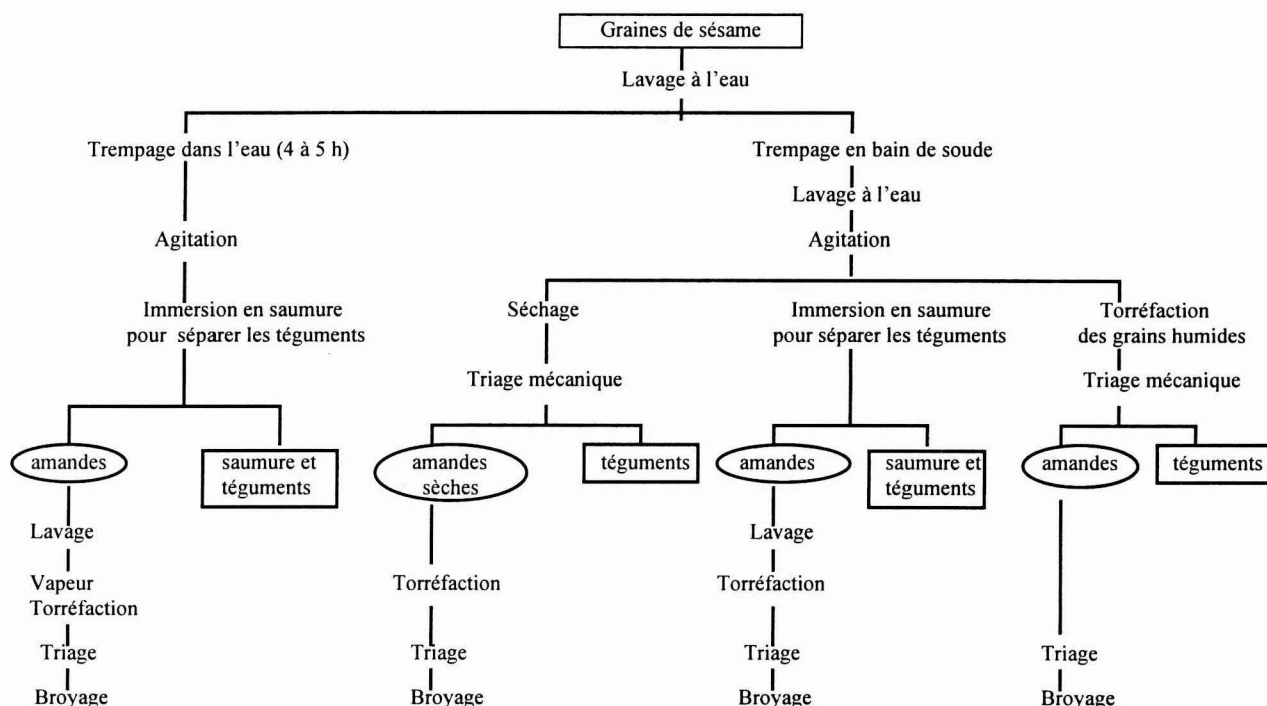


Figure n° 3: Diagramme de décortiquage humide et torréfaction des graines de sésame

Le produit est ensuite lavé pour éliminer les dépôts de sel puis torréfié ou grillé (roasting)¹ avant d'être trié, moulu puis pressé (16). Dans certains cas le produit est directement séché après trempage et les enveloppes sont séparées mécaniquement par tamisage.

Dans bien des cas, les techniques de trempage habituellement utilisées ne sont guère satisfaisantes car elles peuvent altérer la qualité des graines (oxydation) et elles constituent un procédé long et coûteux en énergie (séchage) limitant le volume des quantités traitées. La gestion des résidus (saumures) reste également problématique en matière d'environnement. Enfin, le traitement alcalin n'est pas utilisable pour des productions ayant le label « biologique ».

5.3. Décortiquage par friction et/ou abrasion

Des améliorations ont été apportées dans le passé en utilisant des techniques d'abrasion et/ou de friction grain sur grain. Divers brevets ont ainsi été déposés qui sont brièvement décrit ci-dessous.

Brevet indien 1969

Improvements in or relating to decuticling of sesame seed. 1969. Patent n° 110812. Surendranath M.R., Lakshminarayana T., Viswanadham K., Rao S. T. Calcutta. India.

Le process de décortiquage comprend les étapes suivantes:

- Trempage préalable des graines de 4 à 16 h dans l'eau additionnée ou non d'agents mouillants
- Décortiquage des graines par passage dans un décortiqueur à disques abrasifs verticaux d'environ 50 cm de diamètre. Un disque fixe faisant face à un disque mobile tournant à plus de 500 tr/mn.
- Triage du produit obtenu sur un tamis à maille fine avec lavage par un courant d'eau pour éliminer les téguments.
- Séchage naturel ou artificiel à une température de 80°C des graines décortiquées.

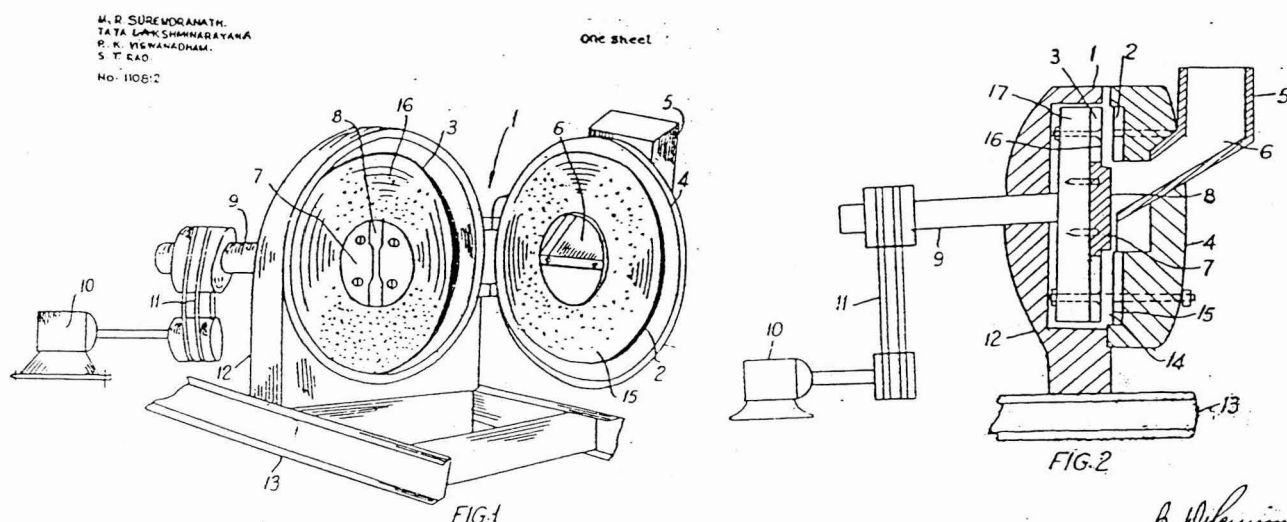


Figure n°4: Schéma du décortiqueur à disques abrasif

¹ Pour la production d'huile pour salade, le "roasting" n'est pas utilisé et peut être remplacé par un traitement des grains à la vapeur.

Method for peeling and processing grain. 1968. US Patent N° 3 419 056. Girgis M.F. Costa Mesa, Californie (USA).

Les opérations de transformation sont les suivantes:

- Nettoyage préalable du sésame pour éliminer les matières étrangères
- Trempage initial, de 8 à 12 h, dans de l'eau à température ambiante pour permettre le gonflement des graines et le ramollissement des enveloppes (la reprise en eau peut alors être supérieure à 40 % en poids)
- Drainage et ressuyage des graines durant 8 h.
- Décortiquage des graines dans un décortiqueur à rotor horizontal permettant le décollement des enveloppes par friction et frottement des graines contre les surfaces verticales et horizontales du rotor et les parois et le fond de l'appareil. (voir fig n°4) Le décortiquage est amélioré par l'adjonction de sable aux graines favorisant l'abrasion.
- Nettoyage-lavage du mélange dans une chambre métallique perforée de section hexagonale, animée en rotation et équipée d'un système de douchage.
- Décantation en solution saline (de 16 à 20 degrés Baumé) permettant une ségrégation par dépôt des enveloppes en fond de cuve et flottation des graines décortiquées.
- Décantation dans l'eau permettant une ultime ségrégation par dépôts des graines décortiquées et flottation des impuretés (« points noirs » ou graines défectueuses).
- Essorage et séchage artificiel des graines décortiquées (séchoir à plaque chauffée à la vapeur).

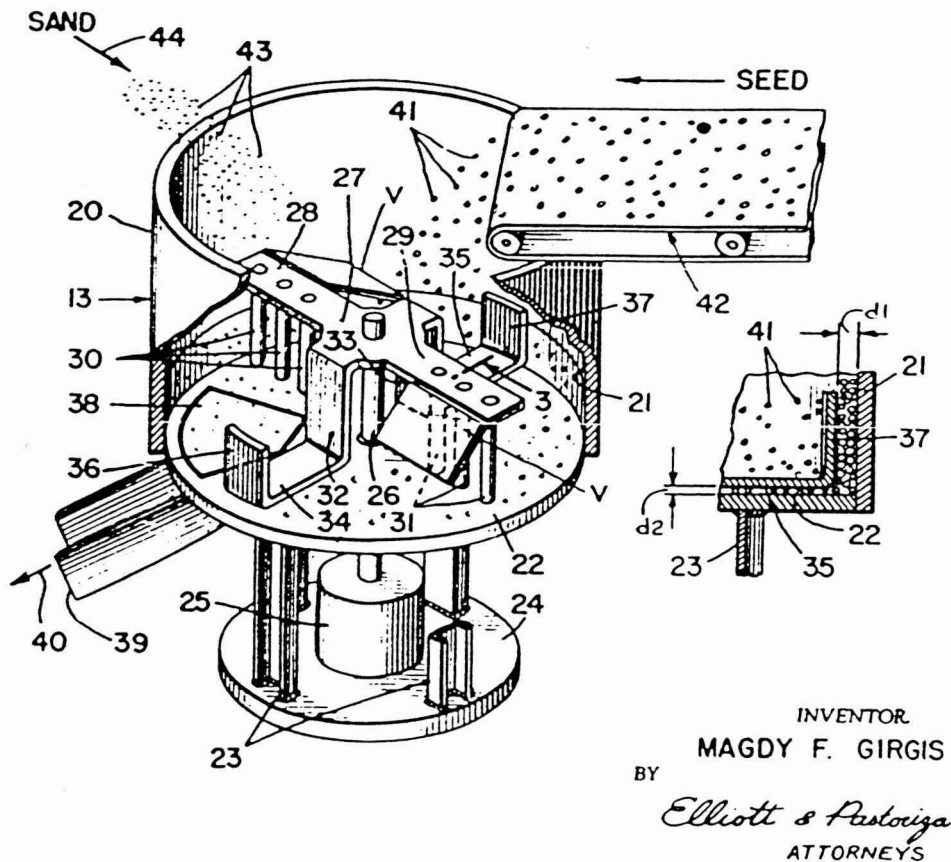


Figure n° 5: Schéma du décortiqueur à rotor horizontal

Brevet suisse - 1978.

Verfahren und Vorrichtung zum Schälen von Kleinkorn, insbesondere von Sesamsamen. 1978. n° CH 602 182. Alphonse Buch, Zillisheim (FR). Sodei SARL Mülhausen (FR).

Continuous shelling of sesame seed - using water suspension with cylindrical housing, rotating discs and stationary baffles

L'invention concerne un procédé pour le décortiquage de petites graines contenant de l'huile comme les graines de sésame, de pavot ou de colza.

Le décortiqueur est constitué d'un cylindre horizontal équipé de ralentisseurs circulaires munis de palettes radiales. A l'intérieur du cylindre tourne un axe sur lequel sont fixées des roues à couronne dentée. Les roues sont équidistantes et font face aux ralentisseurs. La vitesse de rotation de l'axe est de 1000 à 2000 tr/mn.

Lors du fonctionnement, les graines de sésame, préalablement trempées pour permettre le ramollissement des enveloppes, sont introduites en continu avec de l'eau dans le cylindre. La rotation des roues et l'action antagoniste des ralentisseurs créent des tourbillons à l'intérieur de l'appareil et facilitent le décortiquage des graines par friction grains sur grains et frottement sur les parois rugueuses du cylindre, des roues et des ralentisseurs.

Le mélange est ensuite récupéré en sortie de l'appareil et les enveloppes sont séparées des grains décortiqués par trempage dans une solution salée.

Il existe également une version verticale de cet appareil.

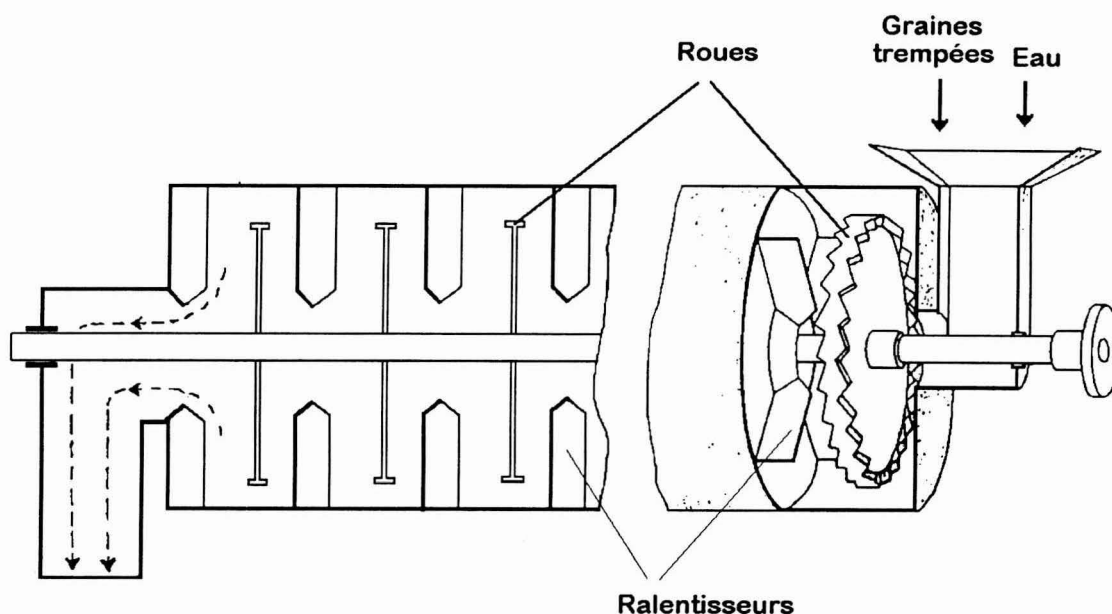


Figure n° 6: Schéma du décortiqueur

Brevet européen - 1982.

Machine pour peler et torréfier et nettoyer les graines de sésame. 1981. n° EP 0 043 324 A1. Ghandour, Issam Abdul-Kader, Beyrouth (Liban), Cabinet Lavoix Paris (FR)

La machine est principalement constituée d'une chambre cylindrique à l'intérieur de laquelle tourne un rotor à 2 pales supportant des brosses métalliques. Le fond de la chambre joue le rôle de sole chauffante. Un circuit d'air chaud permet le réchauffage de la sole par un système de distribution tubulaire et le chauffage direct des graines par insufflation d'air au niveau de la chambre et au travers des pales du rotor.

La machine permet de traiter, en 2 h environ, des lots de 500 kg. Les graines, préalablement nettoyées et trempées, sont introduites en partie supérieure de la machine puis brassées par la rotation du rotor et chauffées à une température permettant la torréfaction et la séparation des téguments. Un circuit d'air extérieur permet l'aspiration et l'évacuation des téguments ainsi que le refroidissement de la masse des grains décortiqués. Une trappe, disposée dans la sole, permet de récupérer les grains décortiqués.

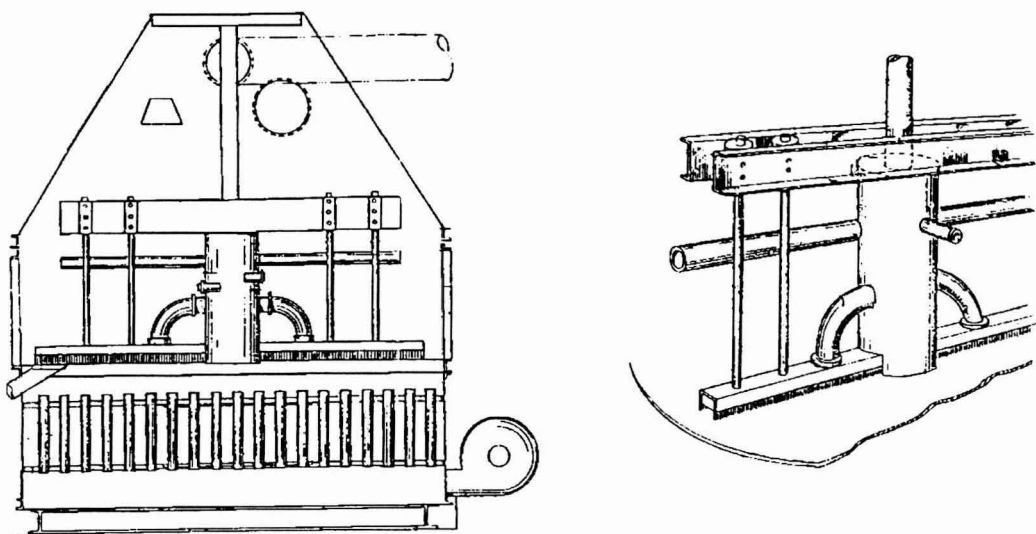


Figure n° 7: Schéma du torréfacteur-décortiqueur

Tous les procédés brevetés précédemment exposés fonctionnent en discontinu et nécessitent, pour la plupart, un trempage préalable du produit à décortiquer.

Pour améliorer le traitement du sésame, certains constructeurs (USA, Espagne) ont développé au cours des dernières années des lignes de traitement en continu essentiellement basées sur des procédés physiques. Il existe assez peu d'informations et pas de publications sur les principes mis en oeuvre, mais la technique utilisée par la société Maseto (Espagne) et, dans les années 80, par la Société Dia (Suisse), semble être inspiré du procédé breveté *Halwani*.

5.4. Décortiquage par attrition avec injection d'eau et de vapeur d'eau

Le procédé *Halwani* pour le décortiquage de graines de sésame comporte les étapes suivantes:

Dans un premier temps, les graines de sésame sont débarrassées de leurs impuretés, dans un appareil à attrition précédé et suivi de tamis vibrants.

L'ensemble de décortiquage est ensuite constitué de deux tambours à attrition superposés et en série. Le tambour supérieur est équipé d'un système d'injection simultanée d'eau et de vapeur d'eau permettant la réhumidification des graines jusqu'à une teneur en eau voisine de 15% et leur gonflement. Les graines chutent ensuite dans le second tambour qui réalise une séparation des enveloppes telle que le décortiquage soit réalisé à au moins 95%.

Après tamisage, on introduit les graines presque complètement décortiquées, dans un ensemble de séchage constitué d'une série de tambour à double enveloppe cylindrique permettant la circulation de vapeur d'eau à environ 200-250 °C. Dans le premier tambour de brassage, les graines reçoivent une injection complémentaire de vapeur d'eau de façon à avoir une teneur en eau de l'ordre de 14% à 18%. Le séchage est opéré ensuite pendant 1 h 30 à 2 h à une température comprise entre 120°C et 130°C. A la sortie du séchoir, les restes de coques sont séparés des amandes et desséchés, ce qui permet de les éliminer par ventilation. Les amandes sont alors prêtes à la consommation et/ou à la fabrication d'huile. L'unité a une capacité annoncée de 500 kg/h à 600 kg/h.

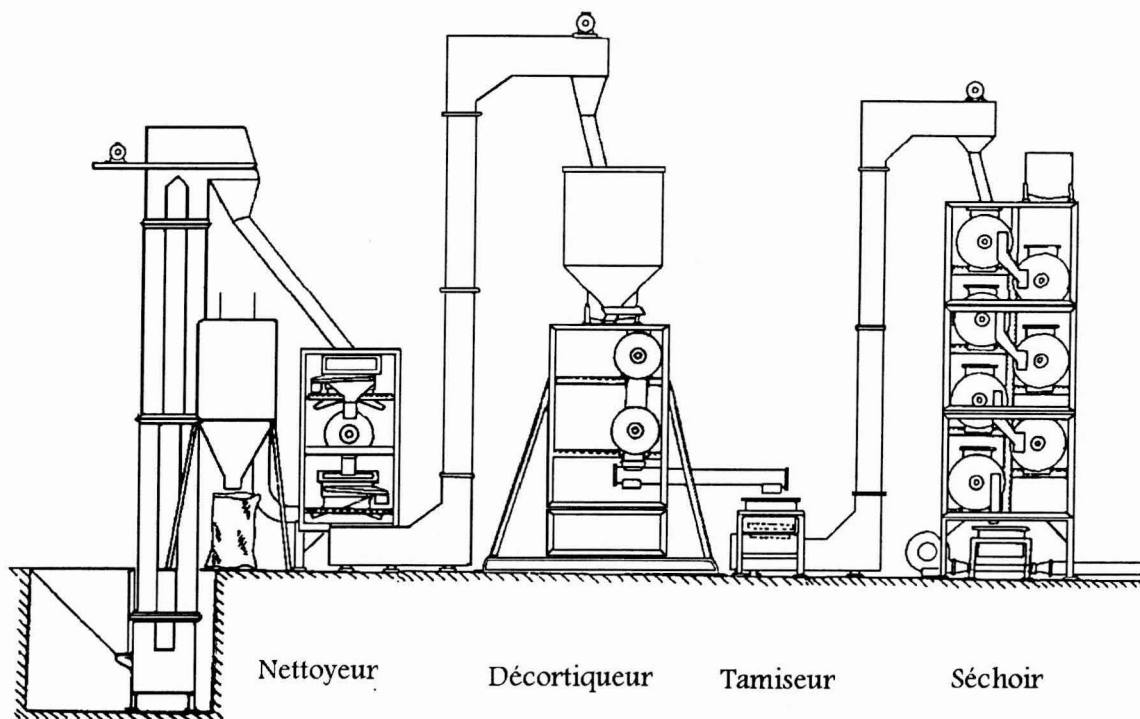


Figure n° 8: Schéma du dispositif «*Halwani*»

Ce procédé est breveté en France, en Europe et aux USA.

- Procédé et dispositif pour la préparation de graines de sésame. 1983. n° FR 2 553 004 - A1. Halwani Mohammed, Paris, (France), Cabinet Pierre Loyer Paris, (FR)

- Procédé et dispositif pour la préparation de graines de sésame. 1984. n° EP 0 138 628 - A1. Halwani Mohammed, Paris, (France), Cabinet Pierre Loyer Paris, (FR)

- Sesame seeds husking method. 1987. US Patent n° 4 693 903. Halwani M., Paris, (France).

VI) DEVELOPPEMENT

En France, la Société Provence Régime S.A. de Pont Saint-Esprit dans le Gard valorise le sésame par la production d'huile vierge et le conditionnement de sésame de bouche. Pour son approvisionnement en matière première, elle a participé, en 1989, à l'implantation de la Société Tropex au Burkina Faso qui produit notamment du sésame dit «biologique» (absence de traitements chimiques). Plus de 1000 T de sésame biologique ont ainsi été produites en 1995. Elle prévoit de développer, à terme, la production de semoule déshuillée de sésame dépelliculé. Les rares matériels de dépelliculage existant se révèlent inadaptés car les débits proposés sont 5 à 10 fois supérieurs aux besoins de Provence Régime (100 kg/h) et les coûts prohibitifs (plusieurs millions de francs)

Afin de mieux répondre aux nombreuses demandes émanant de l'industrie (pâtisserie, biscuiterie, diététique,..) la Société Provence Régime a, au travers de TRIAL, sollicité le CIRAD pour étudier de nouvelles techniques de décortilage.

Le CIRAD, par son Laboratoire de Technologie des Grains et son Programme Agro-Alimentaire, travaille depuis de nombreuses années sur toutes les opérations de transformation des produits agricoles et notamment le séchage et les première et seconde transformations des céréales et des oléoprotéagineux. L'approche transdisciplinaire associant Génie des procédés et Sciences de l'aliment conduit à accorder une attention particulière aux relations procédé-qualité. Son laboratoire de conception d'équipements permet la réalisation de prototypes et la mise en oeuvre des procédés à l'échelle pilote. Pour le développement des recherches très appliquées, le CIRAD dispose d'une halle de technologie, de plusieurs laboratoires d'analyses physico-chimiques, d'un bureau d'étude équipé de CAO et d'un atelier de mécanique pour la fabrication de modules expérimentaux. Sur le produit spécifique « sésame », outre des études filières, des premiers essais de transformation ont été menés en 1995 sur un procédé de décortilage associant l'utilisation de vapeur sous pression suivie d'une mise sous vide instantanée. Ces premiers essais très prometteurs doivent être repris et développés.

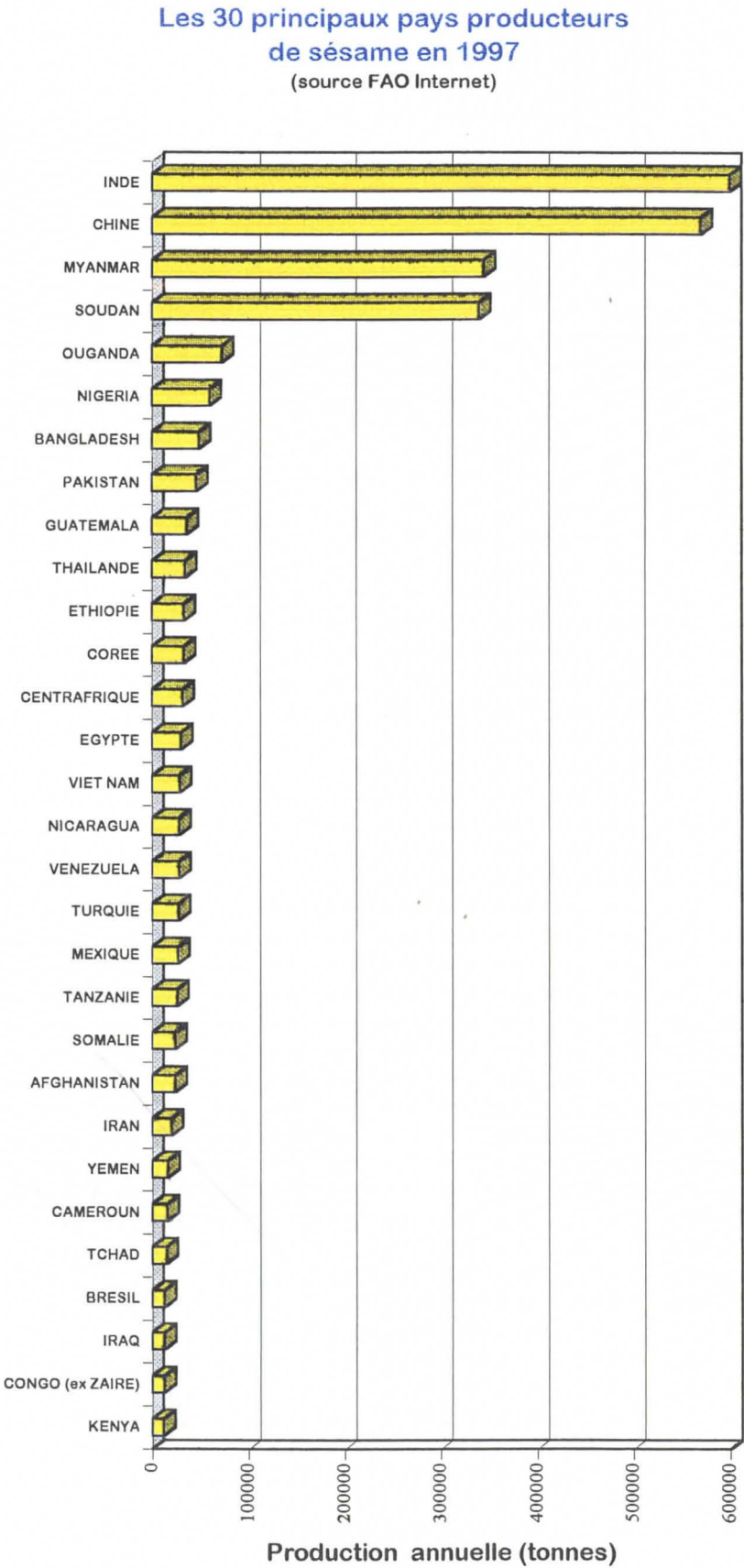
Références bibliographiques

- 1) CIRAD. 1997. Fiches produits n°5. Sésame. pp 27-29
- 2) Weiss E.A. 1971. Castor, sesame and safflower. Leonard Hill. London. pp 311-525
- 3) Abou-Gharbia H. A., Shahidi F., Shehata A. A. Y., Youssef M. M. 1997. Effects of processing on oxidative stability of sesame oil extracted from intact and dehulled seeds. Journal of the American Oil Chemists' Society. Vol 74. pp 215-221
- 4) Yoshida H., Takagi S. 1997. Effects of seed roasting temperature and time on the quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) oil. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol 75. pp 19-26
- 5) Abou-El-Khier Y.I.A., Moharram Y.G., Osman H.O.A. 1987. Effect of decortication methods on the quality of sesame kernels and products. Journal of Food and Agriculture. Vol 1. pp 163-168.
- 6) Noël E. L'huile vierge de première pression à froid. Brochure commerciale Provence Régime. 14 p.
- 7) Lyon C. K. 1972. Sesame: current knowledge of composition and use. Journal of the American Oil Chemists' Society. Vol 49. pp 245-249
- 8) Fukuda Y., Nagata M., Osawa T., Namiki M. 1986. Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. Agric. Biol.Chem. 50. pp 857-862
- 9) Namiki M. 1995. The chemistry and physiological functions of sesame. Food Reviews International. Vol 11. pp 281-329
- 10) Kamal-Eldin A., Pettersson D., Appelqvist L. A. 1995. Sesamin (a compound from sesame oil) increases tocopherol levels in rats fed *ad libitum*. Lipids. Vol 30 n°6 pp 499-505.
- 11) Kamal-Eldin A., Appelqvist L. A. 1995. The effects of extraction methods on sesame oil stability. Journal of the American Oil Chemists' Society. Vol 72. pp 967-969
- 12) Inyang U. E., Nwadiimkpa C. U. 1992. Functional properties of dehulled sesame (*Sesamum indicum* L.) seed flour. Journal of the American Oil Chemists' Society. Vol 69. pp 819-822
- 13) Inyang U. E., Ekanem J. O. 1996. Effect of dehulling methods and desolventizing temperatures on proximate composition and some functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed flour. Journal of the American Oil Chemists' Society. Vol 73. pp 1133-1136
- 14) Ajibola O. O., Owolarafe O. K., Fasina O. O., Adeeko K. A. 1993. Expression of oil from sesame seeds. Canadian Agricultural Engineering. Vol 35. pp 83- 88
- 15) ONUDI. 1979. Directives pour la création et l'exploitation d'huileries. ONUDI. Vienne. Autriche. 121p.
- 16) Yehia G. M., Hussein O. A. O., Yaldes I. A. A. 1990. Wet decortication of sesame seeds by new methods. Food and Nutrition Bulletin. Vol 12. pp 57- 63

ANNEXES

Annexe n°1: Principaux pays producteurs de sésame

	PAYS	Prod. (T) 1997	Prod. (T) 1977
1	INDE	600000	520000
2	CHINE	570000	240000
3	MYANMAR	344000	92000
4	SOUDAN	339000	245000
5	OUGANDA	73000	38000
6	NIGERIA	60000	37000
7	BANGLADESH	49000	30000
8	PAKISTAN	46000	13000
9	GUATEMALA	36000	13000
10	THAILANDE	34000	23000
11	ETHIOPIE	33000	45000
12	COREE	33000	30000
13	CENTRAFRIQUE	32000	11000
14	EGYPTE	30000	18000
15	VIET NAM	29000	5000
16	NICARAGUA	28000	5000
17	VENEZUELA	28000	82000
18	TURQUIE	27500	23500
19	MEXIQUE	27000	121000
20	TANZANIE	26000	11000
21	SOMALIE	24000	40500
22	AFGHANISTAN	24000	21500
23	IRAN	20000	4000
24	YEMEN	16500	11000
25	CAMEROUN	16000	15500
26	TCHAD	15000	9000
27	BRESIL	13000	2500
28	IRAQ	13000	4500
29	CONGO (ex ZAIRE)	13000	3000
30	KENYA	12000	6500
31	BENIN	9000	500
32	BURKINA	7500	6000
33	COLOMBIE	7000	13500
34	SALVADOR	7000	3500
35	CAMBODGE	6000	4500
36	ERITHREE	6000	0
37	SYRIE	6000	18000
38	LAOS	5500	0
39	SRI LANKA	4500	11500
40	HAITI	3500	4000
41	COTE D'IVOIRE	3000	5000
42	MOZAMBIQUE	3000	3000
43	SENEGAL	2500	0
44	SIERRA LEONE	2500	1000
45	TOGO	2000	1500
46	ARABIE SAUDITE	2000	2000
47	ANGOLA	2000	2500
48	HONDURAS	2000	1000
49	MAROC	1000	0
	MONDE	2698000	1808000

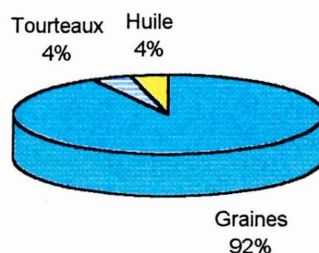


Annexe n° 2: Exportations et importations mondiales de sésame

SESAME

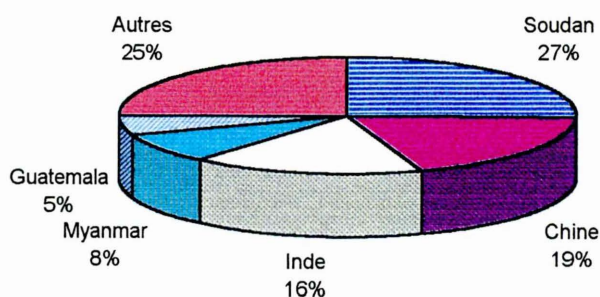
Exportations mondiales en 1996

Produits	T
Graines	639000
Tourteaux	30000
Huile	27000
Total	696 000



Principaux exportateurs de graines de sésame

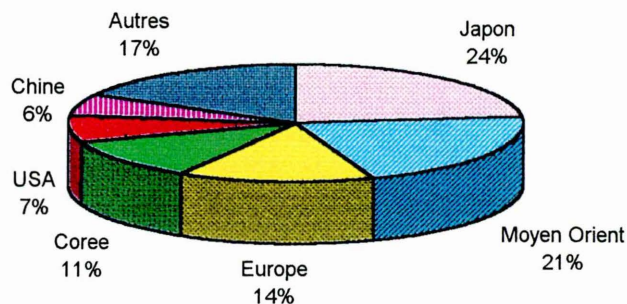
Pays	T
Soudan	157500
Chine	119000
Inde	101000
Myanmar	52000
Guatemala	32000
Autres	156000
Total	638500



Importations

Pays	T
Japon	145000
Moyen Orient	131000
Europe	87000
Coree	67800
USA	46500
Chine	37000
Autres	106700
Total	621000

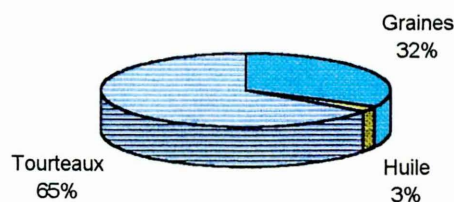
Principaux importateurs de graines de sésame



FRANCE

Importation de Sésame (T)	
Graines	3680
Huile	290
Tourteaux	7400

Importation de sésame en France



Exportation de sésame (T)	
Graines	310
Huile	160
Tourteaux	10

Annexe n° 3: Essais préliminaires CIRAD-TRIAL

CARRAT Cyril
COURRIER Willy

TRIAL

DECORTICAGE DES GRAINES DE SESAME

ETUDE REALISEE LES 9 ET 10 MAI 1995
dans le cadre de la convention GEPI-TRIAL

I) OBJECTIF

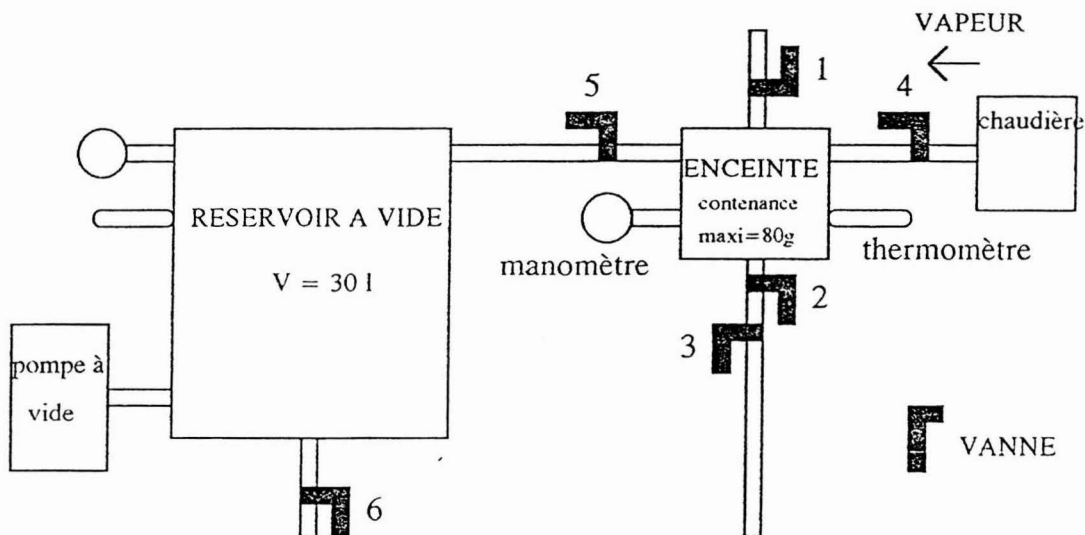
Trouver un nouveau procédé de décortiquage des graines de sésame en utilisant le principe du traitement à la vapeur sous haute pression, suivi d'un vide poussé et instantané.

II) MATERIEL ET METHODE

1) Matériel

Nous avons utilisé un prototype réalisé par le bureau d'étude du CIRAD (M. Thaunay et M. Marouzé).

Le prototype peut supporter une pression de vapeur de 10 bars, les essais n'ont pas pu être effectués au dessus de 6 bars (pression maximale de vapeur d'eau fournie par la chaudière).



2) Protocole expérimental

- Purge des condensats de vapeur restant dans le tuyau d'arrivée de vapeur.
- Mise en place de 10 grammes de graines de sésame dans un panier perforé.
- Positionnement du panier dans l'enceinte de traitement.
- Verrouillage de l'enceinte.
- Introduction de la vapeur et purge de l'air contenu dans l'enceinte (vanne 1).
- Maintien de la température pendant un temps t .
- Purge des condensats de l'enceinte (vannes 2 puis 3).
- Arrêt de la vapeur (fermeture vanne 4).
- Mise sous vide de l'enceinte (passage de 5 bars à -0,9 en 10 secondes) vanne 5.
- Remise à l'atmosphère (fermeture vanne 5 et ouverture vanne 1).
- Ouverture de l'enceinte.
- Pesée des graines après traitement.
- Traitement mécanique d'une partie des graines entre 2 plaques de caoutchouc souple.

3) Détermination de la masse d'eau intersticielle (retenue entre les graines)

5 échantillons de 10 grammes de graines sont trempés puis pesés. Cette manipulation est effectuée dans le panier perforé.

Nous obtenons ainsi une prise en eau moyenne de $2,7 \pm 0,2$ g d'eau pour 10 grammes de graines.

eau intersticielle = 27%

4) Détermination de la prise en eau

$$PE = (M_t - M_o - 2,7) / M_{\text{prise d'essai}}$$

M_t : Masse finale du panier + graines après traitement

M_o : Masse initiale panier + graines

$M_{\text{prise d'essai}} = 10 \text{ g}$

III) RESULTATS ET DISCUSSION

PRESSION (bars)	TEMPERATURE pendant le traitement (°C)	TEMPERATURE après mise sous vide (°C)	TEMPS D'ESSAI (s)	PRISE EN EAU NETTE (%)	OBSERVATIONS
4	146	57	30	38,5	- 2 essais ont été effectués. - Les graines sont imbibées mais l'amande reste dure. - Le traitement mécanique permet d'enlever une partie des léguments externes.
			240		- cuisson des graines.
4,5	151	63	30	42,6	- graines imbibées et amande dure - simple pression suffit à ôter l'amande - Le traitement mécanique permet d'enlever une partie des léguments externes.
			45	48,5	cf ci-dessus.
			50	56,2	- amande s'est imbibée.
4,8	151	62	60	64	- léguments + amande très imbibés. - simple pression suffit à ôter l'amande. - décortilage plus intéressant par traitement mécanique.
5	152	50	30	56	- forte prise en eau - simple pression suffit à ôter l'amande. - traitement mécanique plus efficace.
			60	57	- cf ci-dessus - Le traitement mécanique abîme en partie les amandes (séparation des cotylédons).
6	155	50	5	30	- 5 essais ont été effectués - prise en eau se limite aux léguments - graines supportent un traitement mécanique plus important - traitement mécanique efficace sans abîmer les graines
			10	40	cf ci-dessus
			30	56	- 2 essais ont été effectués - bon décortilage par traitement mécanique - amandes fragiles
			60	71	- 2 essais ont été réalisés - bon décortilage par traitement mécanique

2) Discussion

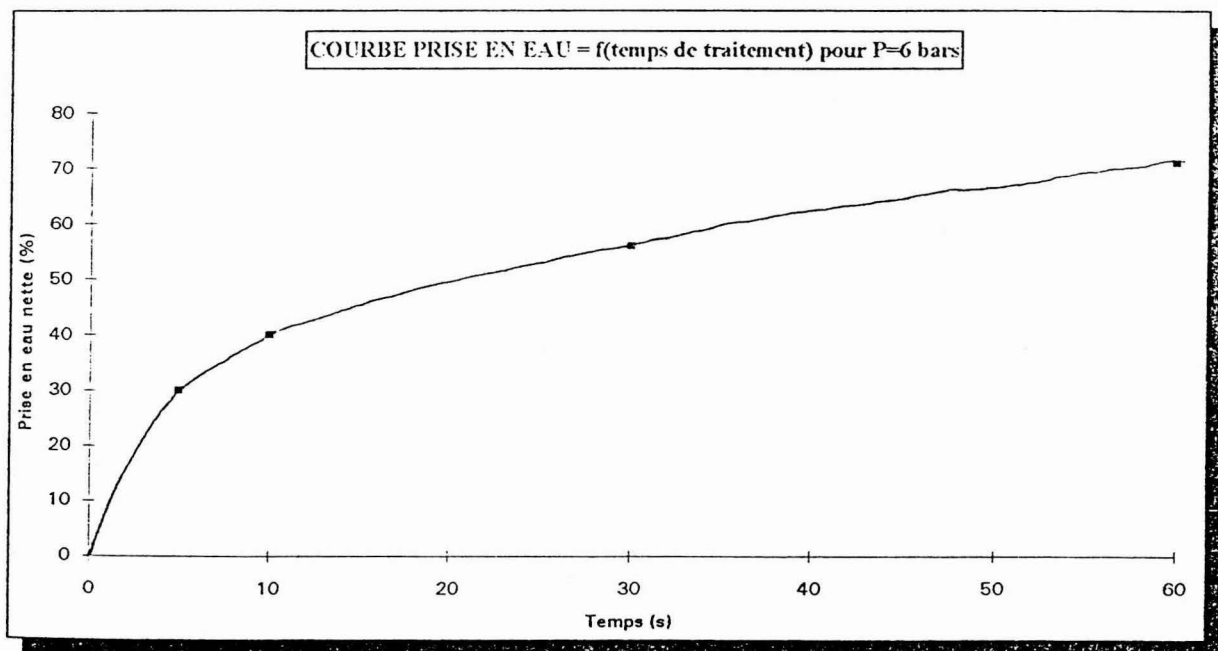
La méthode utilisée avait pour principe d'humidifier superficiellement les graines de sésame (téguments externes) par de la vapeur sous haute pression et d'entraîner, par mise sous vide instantanée, la vaporisation de cette eau afin de permettre un éclatement du tégument (même partiel).

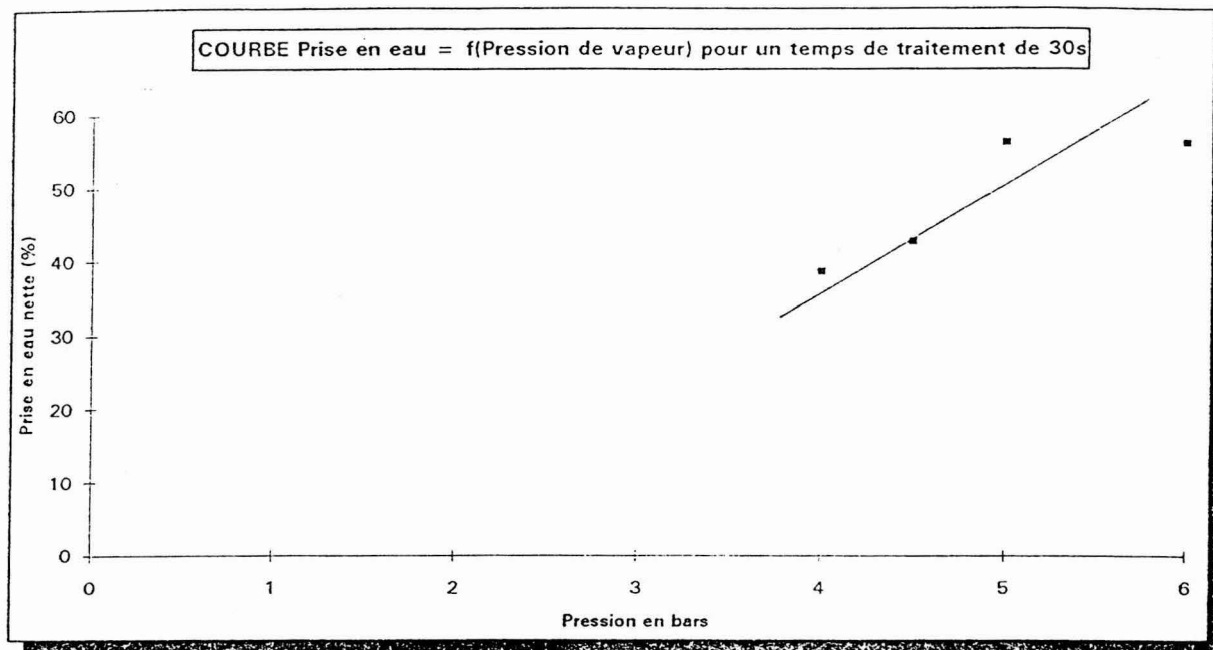
Les différents essais réalisés ont montré que ce traitement était insuffisant pour permettre un décortilage: nous avons juste obtenu un **décollement de l'amande et de ces enveloppes** (ce qui explique le fait qu'une simple pression suffit à décortiquer la graine). Il faut cependant apporter certaines remarques:

- La mise sous vide est peut-être trop lente
- Les expériences n'ont pu être réalisées que sous une pression maximale de 6 bars.

Le traitement appliqué ne suffit pas à obtenir une séparation complète de l'amande et des téguments, mais le décollement obtenu permet d'obtenir un **bon décortilage après traitement mécanique entre 2 lamelles de caoutchouc**.

On observe que la prise en eau est d'autant plus forte que la pression de vapeur est élevée et le temps de traitement grand.





D'autre part, une prise en eau trop forte entraîne une fragilisation de l'amande.

Ces observations nous indiquent qu'un **temps de traitement court couplé avec une pression élevée** permettra une humidification suffisante (entraînant un décollement) des téguments sans atteindre l'amande, ce qui facilitera le traitement mécanique. Manuellement, nous n'avons pas pu effectuer des traitements inférieurs à 5 secondes (temps de purge), mais une **automatisation du prototype** permettrait un traitement instantané, donnant peut-être de bons résultats.

De plus, il faut ajouter que le traitement mécanique semble plus efficace sur les graines encore humides que sur les graines après séchage (les téguments humides adhèrent mieux aux lamelles de caoutchouc que les téguments secs).

Des essais ont été effectués sans mise sous vide, les résultats ne semblaient pas significativement différents au niveau du traitement et de la prise en eau. Il faudrait confirmer cette observation par une analyse plus approfondie; en effet, la mise sous vide devrait entraîner l'évaporation d'une partie de l'eau.

IV) CONCLUSION

L'injection de vapeur sous pression suivie d'une mise sous vide ne suffit pas, dans les conditions opératoires utilisées, à obtenir un décortilage des graines de sésame. Il faut rappeler que pratiquement tous les traitements de décortilage nécessitent une action mécanique ultérieure afin de séparer les peaux (jet d'eau, abrasion...). Le décollement des téguments et de l'amande, obtenu facilement par un traitement haute pression et un temps court, permet un décortilage par traitement mécanique des graines humides entre 2 lamelles de caoutchouc. Le temps de traitement doit être le plus court possible afin de limiter la prise en eau (séchage postérieur moins important), et d'avoir une amande moins fragile.

Il faut donc envisager l'utilisation d'un séparateur après le traitement vapeur haute pression/vide. A ces fins, un contact avec Sud-Est Equipement serait intéressant. D'autre part, l'équipe de recherche du CIRAD peut s'engager à cette création dans le cadre d'un programme de recherche et de développement.

L'intérêt majeur d'un tel procédé réside en particuliers dans:

- Diminution de la prise en eau.
- Travail continu.
- Temps de trempage plus court d'où une meilleure qualité microbiologique.

CONTACTS UTILES

- THAUNAY Patrice (Bureau d'étude)	67.61.57.77
- MAROUZE Claude (Bureau d'étude)	67.61.57.61
- CRUZ J-François (GTA)	67.61.57.17
- BRUGUIER Michel (SEE)	90.82.43.83

ENTREPRISES VENDANT DU MATERIEL DE DECORTICAGE

E1155 - PELEUSES Schälmaschinen Peeling machines Sbucatrici Peladoras			
ABL	4 D 25 - E 26		
Via Dell' Artigianato 5/2 - 41032 CAVEZZO (MO) (Italie)			
		(39) 535 58927	
BACKUS SORMAC	4 E 21		
L. J. Costerstraat 16 - 5916 PS VENLO (Pays-Bas)		(31) 77-518444	
BIAUGAUD HENRI	4 B 21 - C 22		
45, av Aristide Briand - 94111 ARCUEIL CEDEX (France)		(1) 42 53 77 40	
BOEMA	4 A 29 - B 30		
C.so R. Scagliola, 197 - 12057 NEIVE (CN) (Italie)		0173/677661	
BOUCHERS SERVICE	7.2 H 34 - I 35		
4 bis, rue de Butez - 08450 REMILLY-AILLICOURT (France)		24 26 80 55	
EILLERT	4 A 18		
MACHINEFABRIK			
Bongersstraat 5 - 7071 CM ULFT (Pays-Bas)		(31) 8356 86346	
ENGELHOLM T & S	4 E 9		
OY/AB			
Nuttoget 28 - 64230 NÄRPES (Finlande)		(358) 62 2241626	
FINIS FOOD	4 E 9		
PROCESSING			
EQUIPMENT			
Van Nispenstraat 15 - 7071 BL ULFT (Pays-Bas)		(31) 8356 81647	
FRIGOSCANDIA	4 C 45 - D 46		
EQUIPMENT	4 D 45		
29, bd Malesherbes - 75008 PARIS (France)		(1) 42 66 80 80	
GMF-GOUDA	4 E 36 - D 35		
Coenecoop 88 - 2741 PD WADDINXVEEN (Pays-Bas)		(31) 1828 23723	
LA PARMENTIERE	7.2 D 34 - E 35		
ZI - 7, rue Lavoisier - 77330 OZOIR LA FERRIERE (France)		(1) 64 40 00 12	
LYCO	7.1 B 8 - C 7		
MANUFACTURING			
115 Commercial Drive COLUMBUS - WI 53925 (Etats-Unis)		414 623 4152	
MARCELISSEN	4 D 37 - E 38		
Blauwwater 14 - 5951 DB BELFELD (Pays-Bas)		(31) 4705 2002	
NOORD-OOST	4 D 17 - F 18		
NEDERLAND			
Bedrijvenpark Twente 20 - 7602 KA ALMELO (Pays-Bas)		(31) 546 574222	
OMIP	4 C 15		
Via Ponte 34 - 84096 ROCCAPIEMONTE (SA) (Italie)		(39) 39 81 93 18 35	
PACT INDUSTRIE	4 A 27 - B 28		
BP 57 - 74, avenue de la Ferté Milon - 02600 VILLERS COTTERETS (France)		23 72 70 77	
SMA	7.2 A 7 - A 11		
ZI Parc d'Activités du Moulin - 44880 SAUTRON (France)		40 63 47 04	
SUD-EST EQUIPEMENT	4 B 29 - C 30		
AGRO-ALIMENTAIRE			
372, rue de l'Aulonnière / Chaternay - Zone Industrielle de Courtine - 84000 AVIGNON (France)		90 62 43 83	
TURATTI	4 C 15		
Viale Regina Margherita, 42 - 30014 CAVARZERE (VENEZIA) (Italie)		(39) 426 310731	



Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le /
développement

Département
des cultures
annuelles
CIRAD-CA

Laboratoire
de technologie
des céréales

Maison
de la technologie
73, rue J.-F. Breton
BP 5035
34032 Montpellier
Cedex 1
France
téléphone :
(33) 67 41 76 43
télécopie :
(33) 67 41 76 44

Résumé

Le sésame, riche en huile, est aujourd'hui très prisé dans les pays industrialisés. Les graines de sésame après un grillage léger peuvent être consommées directement mais leur plus ancienne utilisation reste la production d'huile notamment comme huile de qualité supérieure au goût « noisette ». Après extraction à froid, cette huile, utilisée pour les salades ou la cuisine est d'une remarquable stabilité à l'oxydation. Les tourteaux résiduels, riches en protéines sont généralement utilisés en alimentation du bétail mais également en alimentation humaine. Pour la consommation humaine, le décorticage des graines est nécessaire car les enveloppes contiennent des éléments qui réduisent la digestibilité des protéines et altère l'aspect du produit.

Dans bien des cas, les techniques traditionnelles de trempage habituellement utilisées pour le décorticage ne sont pas satisfaisantes car elles peuvent altérer la qualité des graines par oxydation. Elles constituent également un procédé long et coûteux en énergie pour le séchage limitant le volume des quantités traitées. Enfin, la gestion des résidus ou saumures reste problématique en matière d'environnement.

Le décorticage mécanique s'est développé au cours des dernières décennies et différents procédés brevetés sont présentés dans le rapport. Les rares matériels de dépelliculage existant se révèlent souvent inadaptés aux besoins actuels des entreprises soit parce que les principes mis en oeuvre nécessitent fréquemment des trempages préalables soit parce que les débits proposés sont très supérieurs aux besoins.

Mots Clés: Sesamum indicum, sésame, décorticage, procédés